

PERBAIKAN KUALITAS SEMAI TUSAM PASCA SAPIH MELALUI APLIKASI TRICHODERMA FORMULASI, PUPUK LAMBAT TERSEDIA DAN SUBSTITUSI MEDIA TUMBUH

QUALITY IMPROVEMENT OF TRANSPLANTED PINE SEEDLING BY APPLICATION OF FORMULATED TRICHODERMA, SLOW RELEASED FERTILIZER AND GROWTH MEDIA SUBSTITUTION

S. M. Widyastuti, Sumardi, dan N. Estikasari

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Jogjakarta, 55281

Telp.: (0274) 901401, Fax: (0274) 550541, E-mail: smwidyastuti@yahoo.com

ABSTRACT

The experiment was conducted based on damage developed on pine nursery, which killed pine seedlings at a significant number. The damage started on 4 month-aged seedlings indicated by yellowing of needle, followed by development of brown spots on the needle and subsequently could kill the transplanted seedlings. Application of formulated Trichoderma and slow released fertilizer was aimed to avoid the initial symptom, which was assumed due to nutrient deficiency and to control the subsequent infection and disease development. Substitution of composting materials and rice hull into regular growth medium as the main treatment resulted 4 combination treatments. The results indicated that despite all treatments showed significant effects, application of Trichoderma together with slow released fertilizer (P1T1) on regular medium (medium IV) gave the highest growth increment performance and suppression of damage in seedlings.

Keywords: pine seedling, slow-released fertilizer, Trichoderma

INTISARI

Penelitian ini dilakukan karena adanya kerusakan di persemaian tusam yang mengakibatkan semai mati dalam jumlah besar. Kerusakan dimulai saat semai berumur 4 bulan dengan gejala kuningnya daun jarum yang berkembang menjadi bercak coklat, diikuti dengan kematian semai. Pemberian pelet Trichoderma dan pupuk lambat tersedia selain dimaksudkan untuk mencegah munculnya gejala yang diduga karena kekurangan hara, juga untuk mengendalikan patogen yang muncul dan perkembangan penyakit. Substitusi kompos dan sekam ke dalam media tumbuh sebagai perlakuan utama menghasilkan 4 kombinasi perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan menunjukkan hasil yang signifikan, pemberian Trichoderma bersamaan dengan pupuk lambat (P1T1) dalam media yang digunakan (media IV) menunjukkan menghasilkan semai paling tinggi dan mengurangi kerusakan semai.

Kata kunci: pupuk lambat, semai tusam, Trichoderma

PENGANTAR

Tusam (*Pinus merkusii* Jungh et de Vries) dikenal sebagai salah satu jenis pinus tropika (Soerianegara dan Lemmens, 1994) dan oleh PT Perhutani telah ditanam secara luas di Jawa.

Saat ini tegakan tusam diarahkan untuk penghasil getah, walaupun pada awal pembangunannya ditujukan untuk menghasilkan pulp. Peningkatan produktivitas pengusahaan getah dilakukan antara lain melalui peningkatan kualitas tanaman, efisiensi penyadapan dan

pengolahan getah. Pengadaan bibit yang berkualitas tinggi merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan tegakan menghasilkan getah. Penggunaan bibit yang disiapkan dalam *single tube* tampaknya merupakan pilihan yang dapat meningkatkan kualitas bibit yang ditanam di lapangan, di samping pertimbangan teknis dan ekonomi.

Namun demikian dalam pelaksanaannya masih dijumpai masalah pada beberapa tempat dalam pemilihan bahan dasar medium dan teknologi yang secara biologis mendukung pertumbuhan dan secara ekonomis diterima. Kematian dan kerusakan semai yang terjadi pada beberapa unit persemaian di wilayah kerja PT Perhutani (Persero) Jawa Tengah merupakan petunjuk bahwa teknologi persemaian menggunakan *single tube* masih belum secara keseluruhan dikuasai. Pada saat ini di persemaian Linggoasri, BKPH Paninggaran, KPH Pekalongan Timur terjadi kematian dan kerusakan semai yang cukup mengganggu pencapaian target penyediaan bibit. Dari sekitar 600.000 semai yang ditanam, tidak kurang dari 10 %-nya mengalami kerusakan dan sebagian besar berlanjut dengan kematian.

Penggunaan teknologi *single tube* pada dasarnya mempunyai beberapa keterbatasan, di antaranya dalam hal jumlah/ volume medium tumbuh, keharaan dan air. Oleh karena itu semai di dalam *single tube* memerlukan perawatan lebih intensif untuk mencukupi tingkat keharaan dan air sehingga dapat menjamin pertumbuhan semai dan menghasilkan bibit yang berkualitas. Penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan teknologi persemaian dalam hal kombinasi pemilihan bahan dan metode yang secara biologis mampu mendukung pertumbuhan semai tusam yang optimal pada *single tube*.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian. Penelitian dilakukan di Persemaian Pusat Linggoasri, BKPH Paninggaran, KPH Pekalongan Timur, Jawa Tengah dan Laboratorium Perlindungan Hutan, Fakultas Kehutanan, UGM. Tinggi lokasi persemaian 650 dpl serta mempunyai iklim A dan B dengan angka nisbi $Q = 0$ menurut pembagian iklim Smith dan Fergusson. Suhu harian minimum 14 – 23°C dan maksimum 25 – 32°C.

Semai Tusam. Setiap semai ditanam pada 80 g media tanam dalam *single tube* dengan komposisi media yang bervariasi sesuai dengan perlakuan (Lihat bagian Pupuk dan Media Semai). Semai yang ditanam berasal dari benih dikecambahkan di bedeng tabur selama 2 minggu. Pemindahan kecambah tusam dari bedeng tabur ke medium dalam *single tube* disebut penyapihan. Respon perlakuan yang dilakukan saat penyapihan diamati sampai dengan semai berumur 4 bulan. Naungan menggunakan paranet 70% di dimaksudkan untuk melindungi semai di bedeng saphi dari sinar matahari dan kerusakan fisik akibat air hujan.

Trichoderma spp. Formulasi. Isolat Trichoderma yang digunakan untuk aplikasi di lapangan berupa formulasi kemasan pelet yang mengandung campuran konidia isolat *T. koningii* strain T1, *T. reesei* strain T13 dan *T. harzianum* strain T27 dengan total konsentrasi konidia 10^7 ml^{-1} . Bahan pembawa yang digunakan adalah alginat dengan mengacu pada metode Mauperin *et al.* (1987) yang telah dimodifikasi oleh Widyastuti *et al.* (2002). Ketiga isolat Trichoderma tersebut secara *in vitro* diketahui mempunyai potensi yang tinggi sebagai agen pengendali hayati berbagai

patogen tular tanah (Widyastuti *et al.*, 1998a; 1998b; 1999; 2000; 2001; Widyastuti & Sumardi, 1998). *T. koningii* diperoleh dari Balittra Banjar Baru, Kalimantan Selatan, sedangkan dua isolat yang lain merupakan koleksi Laboratorium Perlindungan Hutan, Fakultas Kehutanan, UGM.

Pupuk dan Media Semai. Pupuk majemuk lambat tersedia yang digunakan mempunyai nisbah N-P-K = 22-8-4. Pupuk ini mengandung unsur-unsur larut air yang pelarutannya diatur oleh suatu penghalang fisik melalui pelapisan yang terbuat dari bahan semipermeabel yang meloloskan air melalui proses difusi, sehingga tekanan osmotik internal membengkakkan pelapis untuk meningkatkan permeabilitas (Hauch and Koshino, 1972). Substitusi medium semai dilakukan melalui penggantian komponen bahan organik dan serbuk gergaji dari medium standar yang digunakan, masing-masing dengan kompos kemasan dan sekam padi.

Respon Perlakuan. Respon perlakuan yang diukur bersumber dari dua variabel yaitu: (a) Variabel respon terhadap pemberian pupuk lambat tersedia (P) dan *Trichoderma* formulasi (T) dengan 4 perlakuan, yaitu POT0: kontrol; POT1: tanpa pupuk dengan *Trichoderma*; PIT0: dengan pupuk tanpa *Trichoderma*; dan PIT1: dengan pupuk dan *Trichoderma*. *Trichoderma* dan pupuk masing-masing ditambahkan ke dalam medium dengan aras 3 butir *Trichoderma* formulasi dan 0,38 g pupuk lambat tersedia untuk setiap *single tube*. (b) Variabel media semai yang terjadi akibat substitusi komponen media yaitu media I: *top soil* + kompos substitusi + serbuk gergaji; media II: *top soil* + kompos substitusi + sekam padi; media III: *top soil* + kompos reguler + sekam padi; media IV: *top soil* + kompos reguler + serbuk gergaji. Perbandingan komponen penyusun untuk semua media adalah 1: 1: 1. Media IV merupakan media reguler yang digunakan secara rutin di Persemaian Pusat Linggo Asri. Penelitian yang melibatkan lebih dari 2 faktor (faktorial) ini dilakukan menggunakan

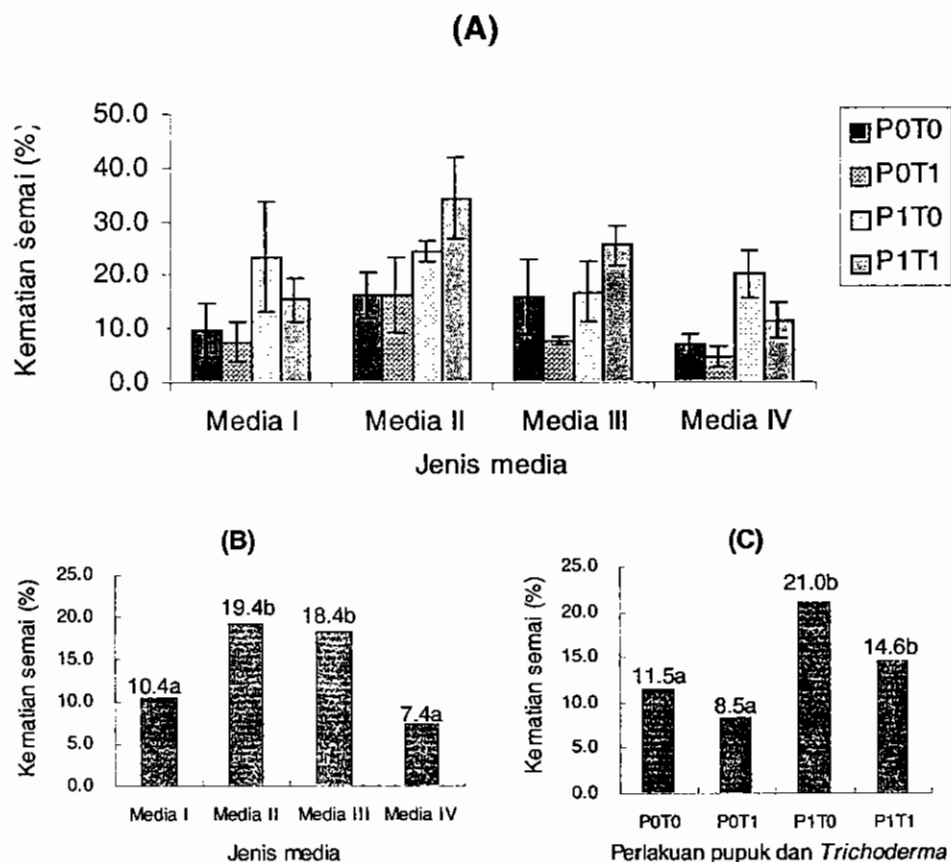
rancangan percobaan acak lengkap berblok (*randomized completely block design*).

Kandungan Unsur Media Semai. Sampel media dianalisis kandungan C total menggunakan modifikasi *wet digestion technique* (Shaw, 1959) dengan campuran $K_2Cr_2O_7 - H_2SO_4 - H_3PO_4$. Kandungan N total dideteksi dengan *micro-Kjeldahl digestion* diikuti dengan destruksi dan titrasi (IITA, 1981). Analisis dilakukan di Laboratorium Sentral, Institut Pertanian Stiper, Jogjakarta.

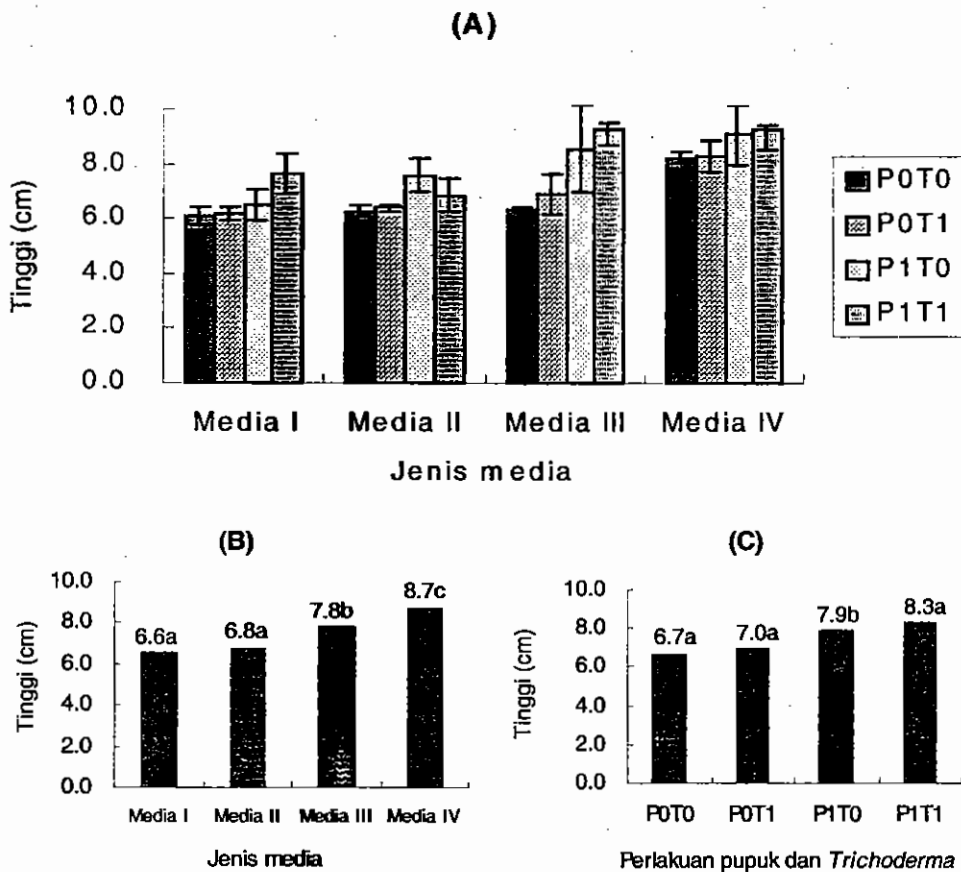
Parameter Pengamatan dan Analisis Data. Parameter yang diamati adalah persen kematian, tinggi dan berat kering total semai. Persen kematian semai merupakan angka perbandingan antara semai yang mati dengan jumlah semai keseluruhan. Pengerinan semai dilakukan pada oven suhu 70° C selama ± 72 jam sampai didapatkan berat kering konstan. Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dengan taraf uji 0,05 dan hasil analisis yang berbeda nyata diuji lebih lanjut menggunakan *duncan multiple range test* (DMRT) pada tingkat ketelitian (*p*) 0,05.

HASIL

Persen Kematian Semai. Pada semua jenis media semai, persen kematian semai tusam terendah dijumpai pada perlakuan penambahan *Trichoderma* formulasi tanpa pupuk lambat tersedia (POT1). Sebaliknya, semua perlakuan penambahan pupuk lambat tersedia baik bersama *Trichoderma* (PIT1) maupun tanpa *Trichoderma* (PIT0) menghasilkan persen kematian semai yang lebih tinggi dibandingkan kontrol (POT0) (Gambar 1A). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kedua perlakuan menghasilkan pengaruh yang nyata. Uji lanjut menggunakan DMRT terhadap jenis media mengindikasikan bahwa semai yang ditanam pada media IV mempunyai persen kematian yang paling rendah (Gambar 1B).



Gambar 1. (A) Persen kematian semai tusam umur 4 bulan pada berbagai komposisi media, perlakuan pupuk dan aplikasi *Trichoderma*. Bar error menunjukkan standar deviasi 3 ulangan masing-masing perlakuan dan masing-masing ulangan menggunakan 80 individu semai. (B) Uji DMRT pengaruh jenis media terhadap persen kematian semai. (C) Uji DMRT pengaruh perlakuan pemupukan dan *Trichoderma* terhadap persen kematian semai. Angka yang diikuti huruf yang sama pada (B) dan (C) tidak berbeda nyata pada $p=0,05$. P0T0: kontrol; P0T1: tanpa pupuk dengan *Trichoderma*; P1T0: dengan pupuk tanpa *Trichoderma*; P1T1: dengan pupuk dan *Trichoderma*. (Lihat Bahan dan Metode untuk keterangan lebih rinci).

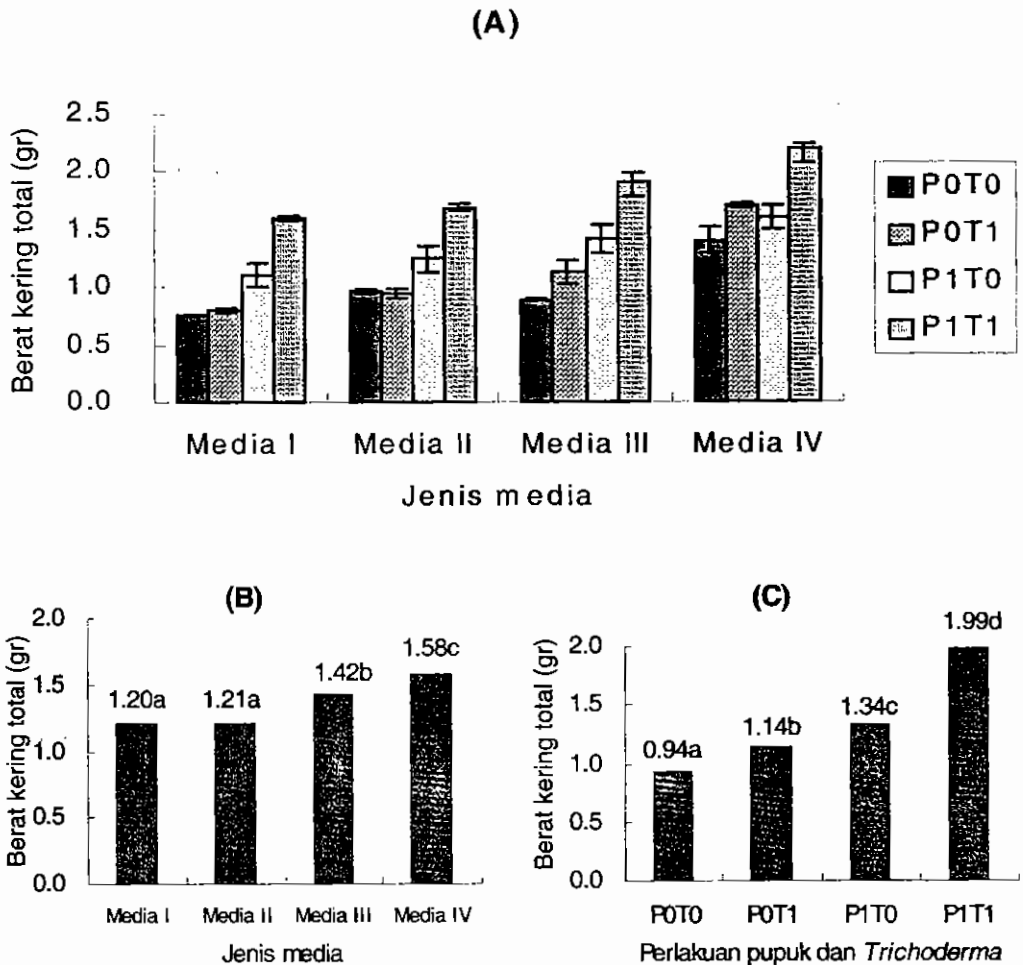


Gambar 2. (A) Tinggi semai tusam umur 4 bulan pada berbagai komposisi media, perlakuan pemupukan dan aplikasi *Trichoderma*. Bar error menunjukkan standar deviasi 3 ulangan masing-masing perlakuan. (B) Uji DMRT pengaruh jenis media terhadap tinggi semai. (C) Uji DMRT pengaruh perlakuan pemupukan dan *Trichoderma* terhadap tinggi semai. Angka yang diikuti huruf yang sama pada gambar (B) dan (C) tidak berbeda nyata pada $p=0,05$. P0T0: kontrol; P0T1: tanpa pupuk dengan *Trichoderma*; P1T0: dengan pupuk tanpa *Trichoderma*; P1T1: dengan pupuk dan *Trichoderma*. (Lihat Bahan dan Metode untuk keterangan lebih rinci)

Sedangkan hasil DMRT terhadap perlakuan pupuk dan *Trichoderma* menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* tanpa penambahan pupuk (P0T1) terbukti mampu menekan kematian semai lebih efektif dibandingkan dengan perlakuan yang lain (Gambar 1C).

Tinggi Semai. Pada semua perlakuan pemupukan dan *Trichoderma*, media IV

menyediakan tempat tumbuh yang paling baik berdasarkan capaian tinggi semai pada akhir pengukuran (Gambar 2A). Hasil analisis sidik ragam dan uji lanjut (DMRT) menunjukkan bahwa media IV menghasilkan semai yang paling tinggi dan berbeda nyata dengan 3 media yang lain (Gambar 2B). Sedangkan perlakuan pupuk dan *Trichoderma* (P1T1) merupakan perlakuan terbaik meskipun tidak berbeda

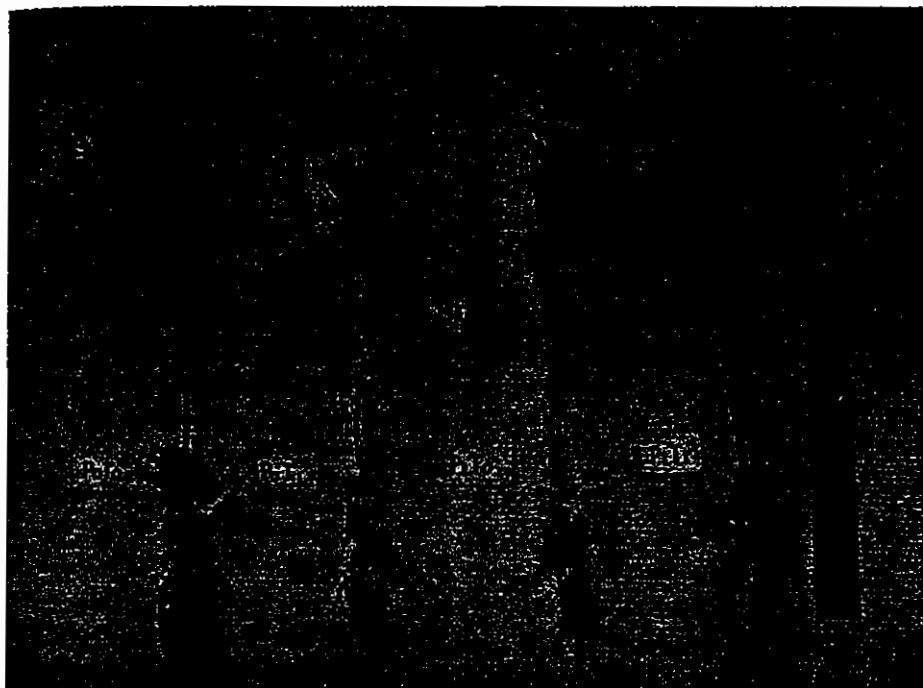


Gambar 3. (A) Berat kering total semai tusam umur 4 bulan pada berbagai komposisi media, perlakuan pemupukan dan aplikasi Trichoderma. Bar eror menunjukkan standar deviasi 3 ulangan masing-masing perlakuan. (B) Uji DMRT pengaruh jenis media terhadap berat kering total semai. (C) Uji DMRT pengaruh perlakuan pemupukan dan Trichoderma terhadap berat kering total semai. Angka yang diikuti huruf yang sama pada gambar (B) dan (C) tidak berbeda nyata pada $p=0,05$. P0T0: kontrol; P0T1: tanpa pupuk dengan Trichoderma; P1T0: dengan pupuk tanpa Trichoderma; P1T1: dengan pupuk dan Trichoderma. (Lihat Bahan dan Metode untuk keterangan lebih rinci).

nyata dengan perlakuan pupuk tanpa Trichoderma (P1T0) (Gambar 2C).

Berat Kering Total Semai. Hasil terbaik ditunjukkan oleh media IV terhadap semua perlakuan pupuk dan Trichoderma (Gambar 3A). Hasil analisis sidik ragam dan uji lanjut

(DMRT) mengindikasikan bahwa media IV menghasilkan semai dengan berat kering total yang lebih besar dibandingkan berat kering semai dari 3 jenis media yang lain (Gambar 3B). Sedangkan untuk perlakuan pupuk dan Trichoderma, pemberian pupuk dan Trichoderma (P1T1) meningkatkan berat kering



Gambar 4. Kenampakan semai tusam pasca sapih umur 4 bulan pada media IV. A: P0T0 (kontrol); B: P0T1 (tanpa pupuk dengan *Trichoderma*); C: P1T0 (dengan pupuk tanpa *Trichoderma*); D: P1T1 (dengan pupuk dan *Trichoderma*).

total semai sampai 110% dibandingkan kontrol (P0T0) (Gambar 3C). Contoh kenampakan semai tusam setelah 4 bulan perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.

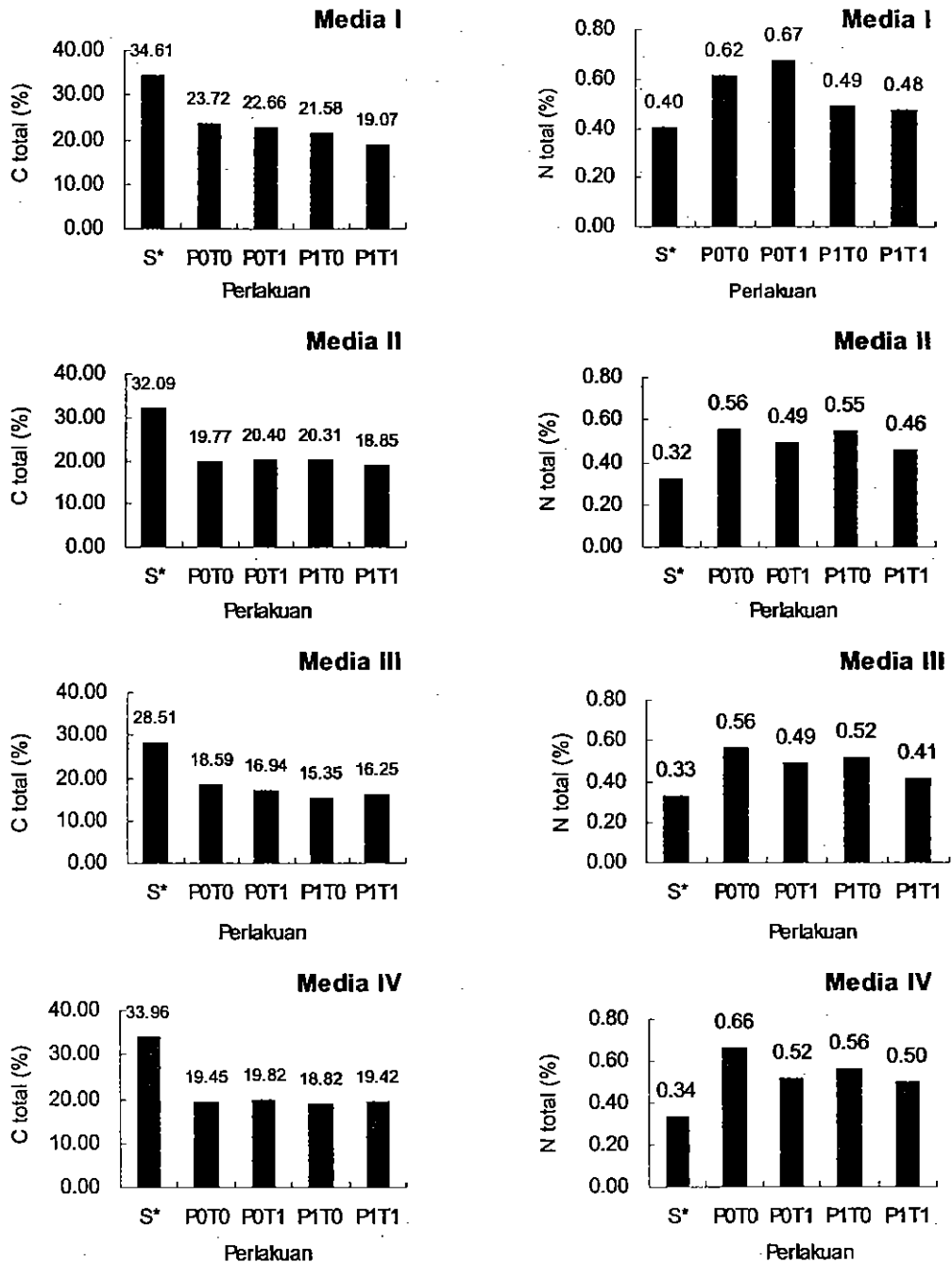
Analisis Kandungan Unsur Media.

Kandungan total unsur C dan N dalam sampel media sebelum dan sesudah perlakuan disajikan pada gambar 5. Unsur total dalam hal ini merupakan gabungan antara unsur yang ada di dalam kompleks jerapan dan unsur yang ada di dalam larutan tanah.

PEMBAHASAN

Tingkat kematian semai tusam pada media I dan IV secara keseluruhan lebih rendah dibandingkan pada media semai II dan III. Sebelum perlakuan diketahui kandungan C total pada media I dan IV lebih tinggi

dibandingkan media II dan III. Kondisi ini membuat *Trichoderma* mampu memulai pertumbuhannya dengan cepat. Konidia *Trichoderma* memerlukan nutrisi dari luar untuk mampu berkecambah (Danielson dan Davey, 1973), terutama C dan N (Danielson dan Davey, 1973; Martin dan Nicolas, 1970). Hasil penelitian Ko dan Lockwood (1967) serta Steiner dan Lockwood (1969) menunjukkan bahwa spora berukuran kecil dengan waktu berkecambah yang relatif lama, termasuk *Trichoderma* spp., ternyata lebih sensitif terhadap kekurangan nutrisi dari luar dibandingkan spora jamur-jamur lain yang berukuran lebih besar. Kandungan C dan N total dalam medium yang mengandung sekam cenderung lebih rendah dibanding medium yang mengandung serbuk gergaji. Sekam termasuk bahan yang tidak mudah bereaksi karena mempunyai kandungan silika (SiO_2) yang sangat tinggi (Borasio, 1928).



Gambar 5. Kandungan C total dan N total dalam media semai tusam umur 4 bulan. S*: media sebelum perlakuan; P0T0: kontrol; P0T1: tanpa pupuk dengan Trichoderma; P1T0: dengan pupuk tanpa Trichoderma; P1T1: dengan pupuk dan Trichoderma.

Penambahan pupuk dan *Trichoderma* (P1T1) pada media IV menghasilkan tinggi dan berat kering semai yang paling baik. Ada kemungkinan unsur N yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal oleh semai tusam, sehingga hasil analisis kandungan N total pada semua media setelah 4 bulan mempunyai kecenderungan nilai yang lebih rendah dibandingkan perlakuan yang lain. Nitrogen merupakan unsur pokok pembentuk asam-asam amino, asam-asam nukleat, gula amino dan ikatan-ikatan polimer lainnya. Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk garam-garam mineral dan oleh karenanya disebut hara mineral (Lockeretz, 1980). Dari sudut pandang perbaikan serapan N oleh tanaman, pupuk N lambat tersedia mempunyai 3 keuntungan utama yaitu (i) pengurangan kehilangan N dari tanah melalui pelindian dan aliran permukaan, (ii) pengurangan reaksi-reaksi imobilisasi kimia dan biologi dalam tanah yang menurunkan pasokan N tersedia bagi tanaman, dan (iii) pengurangan kehilangan N melalui penguapan amonia (NH_3) atau denitrifikasi setelah terjadi nitrifikasi (Hauch and Koshino, 1972).

Sedangkan *Trichoderma* spp., selain telah lama dikenal sebagai agen biokontrol yang efektif terhadap jamur-jamur patogen tular tanah (Baker and Cook, 1974), juga diketahui mempunyai kemampuan untuk memacu pertumbuhan tanaman (Chang *et al.*, 1986; Windham *et al.*, 1986; Harman *et al.*, 1989). Pada penelitian ini penambahan *Trichoderma* memberikan respon yang positif terhadap peningkatan berat kering total semai. Indikasi tersebut terlihat dari berat kering total semai hasil perlakuan pemberian *Trichoderma* tanpa pupuk (P0T1) yang lebih tinggi dibandingkan kontrol (P0T0) dengan beda yang cukup nyata (Gambar 3A dan 3C). Dari kenampakan fisik semai terlihat bahwa penambahan *Trichoderma* mampu meningkatkan kualitas dan kuantitas perakaran semai tusam. Hasil ini mendukung hasil penelitian terdahulu (Sivan and Chet, 1989) yang membuktikan bahwa *Trichoderma* juga mempunyai kemampuan kompetensi rhizosfer yang cukup kuat, yang secara sinergis mendukung pertumbuhan tanaman.

Perbedaan kadar C dan N total awal cenderung disebabkan oleh perbedaan reaksi

bahan (sekam dan serbuk gergaji) terhadap metode analisis. Perbedaan C dan N total setelah 4 bulan pasca perlakuan menunjukkan perbedaan laju dekomposisi. Oleh tingginya mobilisasi hara tersedia dalam medium, kadar N dan C total lebih bermakna sebagai indikator N dan C organik sehingga lebih merupakan indikator laju/kecepatan dekomposisi.

Garam-garam nitrogen anorganik, amonium, nitrit dan nitrat yang tersedia dalam tanah mudah larut dalam air dan akibatnya membentuk cadangan nitrogen yang tidak terlalu banyak dalam tanah dan beredar dengan cepat. Dalam medium di mana terdapat perakaran tusam yang intensif dan pengairan yang terus menerus, cadangan nitrogen anorganik menjadi sangat terbatas. Oleh karena itu hasil analisis N total medium semai pinus yang diperoleh dalam penelitian ini lebih mencerminkan cadangan nitrogen organik.

Hasil analisis unsur menunjukkan bahwa total kandungan N sebelum perlakuan relatif rendah, sehingga dapat dikatakan bahwa potensi unsur tersebut dalam media sebelum perlakuan adalah rendah. Walaupun ada komponen serbuk gergaji dan kompos, tetapi pada saat tersebut kontribusi kedua komponen media tersebut belum kelihatan. Setelah 4 bulan kandungan N total meningkat cukup tinggi. Hal ini menunjukkan sudah adanya kontribusi kedua komponen tersebut dalam pemenuhan unsur bagi tanaman yang dihasilkan dari proses penguraian lanjut selama 4 bulan. Walaupun tanaman menyerap unsur N untuk proses-proses fisiologisnya, tetapi unsur tersebut masih lebih besar jumlahnya dibandingkan dengan yang diserap oleh tanaman. Hal ini didukung dengan hasil analisis kandungan karbon total yang menunjukkan adanya penurunan yang cukup besar selama 4 bulan. Penurunan ini mengindikasikan terjadinya proses perombakan senyawa organik menjadi unsur-unsur yang dibutuhkan dan dapat diserap oleh tanaman.

Dari uraian tersebut, penggunaan media IV yang dikombinasi dengan perlakuan P1T1 diharapkan dapat digunakan sebagai langkah awal untuk memperbaiki kualitas semai tusam di persemaian Linggoasri.

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Proyek Kerjasama PT Perhutani (Persero) Jawa Tengah dengan Fakultas Kehutanan UGM Tahun Anggaran 2000 yang telah membiayai penelitian ini. Kepada Sdr. Harjono diucapkan terima kasih atas saran dan bantuan teknis selama penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker R. & Cook R.J. 1974. *Biological control of plant pathogens*. Am. Rev. Phytopath. Soc., St. Paul, MN, 433 pp.
- Borasio L. 1928. Analysis of rice-hull ash. *Risicoltura* 18: 48-50.
- Chang Y-C, Chang Y-C & Baker R. 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plant. Dis.* 70: 145-148.
- Danielson R.M. & Davey C.B. 1973. Non-nutritional factors affecting the growth of *Trichoderma* in culture. *Soil. Biol. Biochem.* 5: 495-504.
- Harman G.E., Taylor A.G., & Stasz T.E. 1989. Combining effective strains of *Trichoderma harzianum* and solid matrix priming to improve biological seed treatments. *Plant Dis.* 73: 631-637.
- Hauch R.D., & Koshino M. 1972. Slow-release & amended fertilizers. pp: 455-494. In: R. A. Olson (Ed.), *Fertilizer technology and use, 2nd edition*. Soil Science Society of America, Madison, W. I.
- IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1981. *Automated and semi-automated methods for soil and plant analysis*. Manual series No. 7, Ibadan, Nigeria.
- Ko W, & Lockwood J.L. 1967. Soil fungistasis: relation to fungal spore nutrition. *Phytopathology* 57: 894-901.
- Lockeretz W. 1980. Energy inputs for nitrogen, phosphorus, and potash fertilizers. In D. Pimental (Ed.) *Handbook of energy utilization in agriculture*, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. pp: 23-24.
- Martin JF & Nicolas G. 1970. Physiology of spore germination in *Penicillium notatum* and *Trichoderma lignorum*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 141-148.
- Mauperin C, Mortier F, Garbaye J, Le Tacon, & Carr G. 1987. Viability of an ectomycorrhizal inoculum produced in liquid medium and entrapped in a calcium alginate gel. *Can. J. of Bot.* 65: 2326-2329.
- Shaw K. 1959. Determination of organic carbon in soil and plant material. *J. of Soil Sci.* 10: 316-326.
- Sivan A & Chet I. 1989. The possible role of competition between *Trichoderma harzianum* and *Fusarium oxysporum* in rhizosphere colonization. *Phytopathology* 79: 198-203.
- Soerianegara I, & Lemmens R.H.M.J. 1994. Timber trees: Major commercial timbers. *PROSEA* 5 (1): 349-355.
- Steiner GW, & Lockwood J.L. 1969. Soil fungistasis: sensitivity of spores in relation to germination time and size. *Phytopathology* 59: 1084-1092.
- Widyastuti SM, & Sumardi. 1998. Antagonistic potential of *Trichoderma* spp. against root rot pathogen of forest tree species. *Asian J. of Sustainable Agric.* 1 (2): 1-8.
- Widyastuti SM, Sumardi, & Harjono. 1999. Potensi antagonistik tiga *Trichoderma* spp terhadap delapan penyakit akar tanaman kehutanan. *Bul. Kehut.* 41:2-10.
- Widyastuti SM, Sumardi, & Hidayati N. 1998a. Kemampuan *Trichoderma* spp. untuk pengendalian hayati jamur akar putih pada *Acacia mangium* secara *in vitro*. *Bul. Kehut.* 36: 24-38.
- Widyastuti SM, Sumardi, Sulthoni A, & Harjono. 1998b. Pengendalian hayati penyakit akar merah pada akasia dengan *Trichoderma*. *J. Perlin. Tan. Indon.* 4 (2): 65-72.
- Widyastuti SM, Sumardi, Irfa'I, & Nurjanto H.H. 2002. Aktivitas penghambatan *Trichoderma* spp. formulasi terhadap jamur patogen tular tanah secara *in vitro*. *J. Perlin. Tan. Indon.* 1 (2): 1-8.
- Widyastuti SM, Sumardi, & Sumantoro P. 2000. Pengaruh nutrisi medium pada efektivitas penghambatan *Trichoderma harzianum* terhadap *Sclerotium rolfsii*. *Bul. Kehut.* 47: 15-22.
- Widyastuti SM, Sumardi, & Sumantoro P. 2001. Efektivitas *Trichoderma* spp. sebagai pengendali hayati terhadap tiga patogen tular tanah pada beberapa jenis tanaman kehutanan. *J. Perlin. Tan. Indon.* 7 (2): 98-107.
- Windham MT, Elad Y, & Baker R. 1986. A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 76: 518-521.